

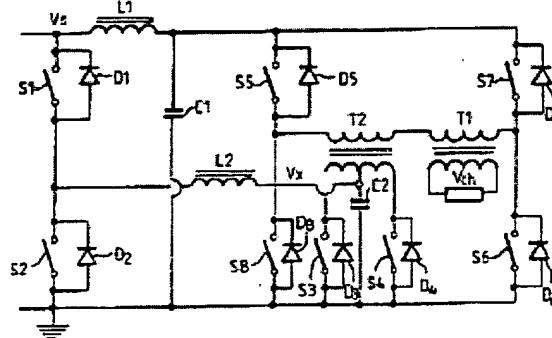
## Voltage converter

**Patent number:** FR2686749  
**Publication date:** 1993-07-30  
**Inventor:** DERMOT O'SULLIVAN; ALFRED PEROL PHILIPPE;  
 ALAN WEINBERG  
**Applicant:** EUROP AGENCIE SPATIALE (FR)  
**Classification:**  
 - international: H02M1/15; H02M7/5387; H02M7/5395  
 - european: H02M7/48; H02M7/48L1; H02M7/5387  
**Application number:** FR19930002212 19930226  
**Priority number(s):** FR19930002212 19930226

[Report a data error here](#)

### Abstract of FR2686749

The invention relates to a voltage converter intended to be used with a non-regulated voltage source. This converter includes a generator of non-regulated alternating current powered by the said non-regulated voltage source and powering, in series, the primary of a first transformer (T), the secondary of which feeds a load, and the secondary of a second transformer (T2), the primary of which is connected to a regulation circuit which is itself powered by the said non-regulated voltage source, in such a way that the primary of the second transformer (T2) exhibits, at its terminals, a regulation voltage which is a fraction of the voltage of the non-regulated voltage (VS) of the source (S).



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication : 2 686 749  
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)  
(21) N° d'enregistrement national : 93 02212  
(51) Int Cl<sup>5</sup> : H 02 M 7/538, 7/539, 1/15

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 26.02.93.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : AGENCE SPATIALE EUROPEENNE  
Organisation intergouvernementale — FR.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : 30.07.93 Bulletin 93/30.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche : Le rapport de recherche n'a pas été établi à la date de publication de la demande.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(72) Inventeur(s) : O'Sullivan Dermot, Perol Philippe Alfred et Weinberg Alan.

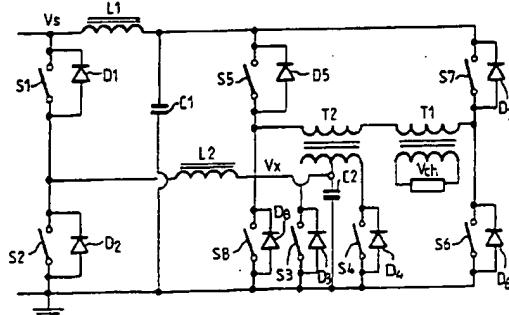
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : Cabinet Claude Rodhain.

(54) Convertisseur de tension.

(57) L'invention concerne un convertisseur de tension destiné à être utilisé avec une source de tension non régulée.

Ce convertisseur comporte un générateur de courant alternatif non réglé alimenté par ladite source de tension non régulée et alimentant en série le primaire d'un premier transformateur (T) dont le secondaire alimente une charge et le secondaire d'un deuxième transformateur (T2) dont le primaire est connecté à un circuit de régulation lui-même alimenté par ladite source de tension non régulée, de telle sorte que le primaire du deuxième transformateur (T2) présente à ses bornes une tension de régulation qui est une fraction de la tension de la source (S) de tension ( $V_s$ ) non régulée.



FR 2 686 749 - A1



## CONVERTISSEUR DE TENSION

5 L'invention a pour objet un convertisseur de tension destiné à être utilisé avec une source de tension non régulée.

La conversion optimale de la puissance électrique entre une source de tension continue ou alternative et une source de tension régulée peut être réalisée avec un commutateur inverseur pour une source de tension continue ou bien un simple transformateur pour une source de courant alternative. Dans les deux cas, le rapport de tension du transformateur peut être optimisé pour correspondre au rapport de tension entre la sortie et l'entrée de manière à fournir la tension désirée sur la charge. Par contre, lorsque la tension d'entrée ou le courant de sortie varie par rapport à sa valeur nominale, l'ajustage en tension n'est pas conservé et il faut disposer d'une compensation pour maintenir la tension désirée en sortie. Ceci peut être réalisé de manière classique à l'aide d'un régulateur de tension additionnelle qui permet de maintenir constante la tension de sortie. Cependant, de tels convertisseurs présentent l'inconvénient de traiter toute la puissance électrique, ce qui correspond à une perte de rendement élevée.

30 La présente invention a pour objet un convertisseur de tension ne présentant pas l'inconvénient précité.

35 L'invention concerne ainsi un convertisseur de tension destiné à être utilisé avec une source de tension non régulée, caractérisé en ce qu'il comporte un générateur de courant alternatif non réglé alimenté

par ladite source de tension non régulée et alimentant en série le primaire d'un premier transformateur (ou transformateur principal) dont le secondaire alimente une charge et le secondaire d'un deuxième transformateur (ou transformateur auxiliaire) dont le primaire est connecté à un circuit de régulation lui-même alimenté par ladite source de tension non régulée, de telle sorte que le secondaire du deuxième transformateur présente à ses bornes une tension de régulation qui est une fraction de la tension de la source de tension non régulée.

De la sorte, le deuxième transformateur fournit juste la tension de courant nécessaire pour réaliser la compensation, et de ce fait il n'est pas nécessaire de commuter la totalité de la puissance du convertisseur ni d'agir sur la totalité de sa puissance.

Le circuit de régulation peut comporter un régulateur bi-directionnel et le générateur de courant alternatif non réglé peut comporter un pont inverseur présentant quatre commutateurs aux bornes desquelles sont respectivement connectées quatre diodes. Le convertisseur peut alors comporter deux commutateurs aux bornes desquelles sont respectivement connectées deux diodes et qui sont eux-mêmes connectés chacun à une borne du primaire du deuxième transformateur et fonctionnent en synchronisme avec lesdits quatre commutateurs du pont inverseur. Le convertisseur peut comporter un dispositif de mesure de la tension aux bornes de la charge et un détecteur de 0 permettant d'actionner l'un ou l'autre des deux commutateurs du primaire du deuxième transformateur. Le régulateur bi-directionnel peut être en particulier un générateur de signaux en dents de scie.

Selon un mode de réalisation préféré, le premier transformateur comporte un deuxième secondaire

connecté en série avec le primaire du deuxième transformateur à travers un régulateur de commutation agencé pour contrôler la tension à ses bornes à une valeur donnée. La valeur donnée peut être 5 avantageusement réglable entre une valeur nulle et une valeur maximale prédéterminée de telle sorte que la tension aux bornes du secondaire du deuxième transformateur puisse varier continuement entre une valeur positive et une valeur négative par rapport à la 10 tension aux bornes du primaire du premier transformateur. Le régulateur de commutation peut comporter un pont redresseur à diodes.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la 15 description qui va suivre donnée à titre d'exemple non limitatif, en liaison avec les dessins qui représentent :

- la figure 1, un schéma de principe d'un convertisseur de tension selon l'invention,
- 20 - la figure 2, un premier mode de réalisation d'un convertisseur de tension selon l'invention,
- la figure 3 étant un mode de réalisation préféré de la figure 2,
- 25 - la figure 4 est une variante de la figure 3,
- la figure 5 est un schéma de principe d'un convertisseur de tension selon un mode de réalisation préféré de l'invention,
- 30 - la figure 6, un mode de réalisation du convertisseur de la figure 5, la figure 7, en constituant un mode de réalisation préféré.

Selon la figure 1, un générateur 1 de tension alternative est alimenté par une source de tension S 35 délivre une tension  $V_S$  susceptible de varier entre une valeur minimale  $V_{MIN}$  et une valeur maximale  $V_{MAX}$ . La

tension  $V_S$  est appliquée à deux transformateurs  $T_1$  et  $T_2$ , le primaire du transformateur principal  $T_2$  étant connecté en série avec le secondaire du transformateur auxiliaire  $T_2$ . Le secondaire du transformateur principal  $T_1$  alimente une charge  $CH$  à une tension  $V_{AV}$ .  
 5 Le secondaire du transformateur  $T_2$  présente, à ses bornes, une tension  $V_S - V_{AV}$ . En choisissant  $V_{AV} = (V_{MAX} + V_{MIN})/2$ , la fonction de régulation consomme une puissance minimale pour cette valeur médiane ( $V_S = V_{AV}$ ). Lorsque la tension de la source de tension est supérieure à  $V_{AV}$ , la fonction de régulation soustrait cette valeur en excès de manière à fonctionner en mode de récupération et à recycler la puissance excédentaire à la source  $S$ . Cette puissance excédentaire a pour  
 10 valeur  $(V_S - V_{AV}) \times I_{AV}$ ,  $I_{AV}$  désignant le courant traversant les primaires des transformateurs  $T_1$  et  $T_2$ . Cette puissance est en général une faible fraction de la puissance  $V_{AV} \times I_{AV}$  fournie par le transformateur  $T_1$  en supposant que la source  $S$  fournisse la tension  $V_S$  a  
 15 ses variations limitées à des valeurs raisonnables données à + et - 25% de la valeur de  $V_{AV}$ .

20 De la même manière, lorsque la tension  $V_S$  est inférieure à  $V_{AV}$ , la tension différentielle de la valeur absolue  $V_{AV} - V_S$  est fournie par le régulateur avec le courant  $I_{AV}$  de telle sorte que le convertisseur fonctionne en mode d'alimentation en fournissant une puissance additionnelle égale à  $(V_{AV} - V_S) \times I_{AV}$ .

25 En choisissant  $V_{AV}$  à ladite valeur médiane entre  $V_{MIN}$  et  $V_{MAX}$ , la puissance maximale qui est susceptible d'intéresser le convertisseur que ce soit en mode d'alimentation ou en mode de récupération est égale à  $(V_{MAX} - V_{MIN})/2 I_{AV}$ .

30 La figure 2 représente un mode de réalisation de la figure 1, dans lequel régulateur est un convertisseur bi-directionnel dans lequel le générateur 1 présente un montage en pont.

Le montage en pont met en oeuvre quatre interrupteurs S5, S6, S7, S8 aux bornes desquels sont connectées des diodes en inverse D5, D6, D7, D8. Le rôle du convertisseur est de maintenir constante la tension aux bornes de la charge CH lorsque la tension V<sub>S</sub> de la source S varie. L<sub>1</sub> et C<sub>1</sub> représentent la self et le condensateur du filtre d'entrée de l'inverseur.

Le convertisseur bi-directionnel comporte deux interrupteurs S1 et S2, en parallèle avec lesquels sont connectées des diodes D1 et D2 en inverse, ainsi qu'une self L<sub>2</sub> connectée entre le point milieu commun aux interrupteurs S<sub>1</sub> et S<sub>2</sub> et le point milieu du primaire du transformateur T<sub>2</sub>. Un condensateur C<sub>2</sub> (facultatif) est connecté entre le point milieu du primaire du transformateur T<sub>2</sub> et la masse. Le convertisseur bi-directionnel étant ainsi connecté au point central de potentiel V<sub>X</sub> du primaire du transformateur T<sub>2</sub>, on réalise un étage de commutation de type push-pull, et dans ce but, les interrupteurs S<sub>3</sub> et S<sub>4</sub> présentent en parallèle, des diodes en inverse D<sub>3</sub> et D<sub>4</sub> connectées entre les bornes extrêmes du primaire de T<sub>2</sub> et la masse. La tension du secondaire du transformateur T<sub>2</sub> est alors ajoutée ou soustraite à la tension d'alimentation V<sub>S</sub>, ce qui permet à la tension primaire du transformateur T<sub>1</sub> d'être augmentée ou diminuée de manière désirée de manière à obtenir une certaine régulation de la tension de charge V<sub>CH</sub> aux bornes de la charge CH. Le rapport de transformation du transformateur T<sub>1</sub> est choisi de manière à fournir la tension de charge V<sub>CH</sub> désirée lorsque la source de tension V<sub>S</sub> est à sa valeur médiane égale à V<sub>AV</sub> tel que défini ci-dessus.

Le mode de fonctionnement peut être alors décrit de la manière suivante.

On suppose tout d'abord que la tension V<sub>S</sub> est supérieure à V<sub>AV</sub>. Dans ce cas, la tension aux bornes du

primaire de  $T_1$  tend à être trop élevée. Le convertisseur doit créer en synchronisme la commutation du pont (paires d'interrupteurs  $S_5, S_6$  ;  $S_7, S_8$ ), une tension  $V_S - V_{AV}$  aux bornes du secondaire du transformateur  $T_2$ , de telle sorte que la tension du primaire du transformateur  $T_1$  soit maintenue à la valeur  $V_{AV}$ . Si l'on suppose qu'il existe un rapport  $k$  entre le nombre de tours de chacun des demi-primaires du transformateur  $T_2$ , c'est-à-dire chaque moitié du bobinage de primaire en push-pull, et son secondaire qui est en série avec le primaire du transformateur  $T_1$ , la tension  $V_X$  doit avoir une valeur maintenue égale  $k \times (V_S - V_{AV})$ . On choisit  $k$  de telle sorte que, pour la plus faible valeur  $V_{MIN}$  de la tension  $V_S$ , on ait  $k \times (V_{AV} - V_{MIN}) \leq V_{MIN}$ .

Etant donné que la tension  $V_S$  est supposée supérieure à  $V_{AV}$ , la régulation est obtenue en faisant fonctionner le convertisseur en mode de recyclage, le point milieu de  $T_2$  dans la source du convertisseur, et l'alimentation  $V_S$  étant la sortie. La topologie du convertisseur doit être telle que les interrupteurs  $S_1$  et  $S_2$  opèrent en modulation par largeur d'impulsion de manière à stocker de l'énergie dans la self  $L_2$  lorsque  $S_2$  est fermé et à restituer de l'énergie à l'entrée lorsque  $S_1$  est fermée. Le courant circule alors depuis  $V_X$  vers  $V_S$  d'où un fonctionnement en mode de récupération.

Les interrupteurs  $S_3$  et  $S_4$  fonctionnent en synchronisme avec les paires  $S_5$  et  $S_6$  et  $S_7, S_8$ , et de telle sorte qu'il existe sur le secondaire de  $T_2$  une tension qui se soustrait à  $V_S$  de manière à maintenir sur le primaire de  $T_1$  une tension  $V_{AV}$ .

Lorsque la tension  $V_S$  est inférieure à  $V_{AV}$ , la phase de l'interrupteur  $S_3$  et  $S_4$  est inversée par l'intermédiaire d'un détecteur de 0 et d'une porte de telle sorte que le schéma de régulation est inversé et

que la tension transformée qui est présente sur le secondaire du transformateur  $T_2$  est maintenant une tension additive en série avec  $V_S$ . Le convertisseur fonctionne alors en mode de fourniture selon lequel les interrupteurs  $S_1$  et  $S_2$  sont modulés par largeur d'impulsion de manière à stocker de l'énergie  $L_2$  lorsque l'interrupteur  $S_1$  est fermé et permettra à l'énergie stockée d'être fournie au point milieu du transformateur  $T_2$  lorsque l'interrupteur  $S_2$  est fermé.

Le courant fonctionne maintenant depuis  $V_S$  vers  $V_X$ , c'est-à-dire en mode d'alimentation.

La figure 3, montre un circuit de commande permettant de commander les interrupteurs  $S_3$  à  $S_8$  selon les modes de fonctionnement précités. On suppose que la tension  $V_{CH}$  de la charge est mesurée par un enroulement supplémentaire (non représenté) du transformateur  $T_1$ . Cette valeur est comparée avec une valeur de référence et amplifiée par un amplificateur d'erreur  $A_1$  dont la sortie peut être négative ou positive selon que  $V_S$  est supérieur ou inférieur à  $V_{AV}$ . Le signal de sortie de  $A_1$  est utilisé pour commander directement le convertisseur bi-directionnel dans un mode de commande de conductance. La détection de la polarité en sortie de l'amplificateur  $A_2$  cascadé avec  $A_1$  commande un détecteur de passage par 0 constitué par un amplificateur  $A_3$  dont la borne d'entrée non inverseuse est à la masse. L'amplificateur  $A_3$  présente un gain unitaire (contre-réaction par deux résistances de valeur  $R_1$  avec interposition d'une diode  $D_{10}$ ). L'amplificateur  $A_3$  permet de déterminer la phase à appliquer aux interrupteurs  $S_3$  et  $S_4$ . Le changement de phase est obtenu en comparant la sortie du circuit de passage par 0 avec des signaux d'horloge carrés. Une diode Zener  $Z$  (ici de 12 V) est disposée en série entre la sortie de  $A_3$  et une entrée de deux portes OU exclusives inverseuses 3 et 4 dont l'autre entrée

reçoit des signaux carrés en opposition de phase (sortie Q et  $\bar{Q}$  du diviseur par deux 5). Le changement de phase intervient lorsque le courant de régulation est égal à 0 et lorsque  $V_X = 0$  Volt. L'amplificateur  $A_3$  5 remplit également la fonction d'amplificateur de gain à unité (résistance  $R1 \dots$ ; réaction) de manière à amplifier les signaux d'entrée positifs et négatifs avec le même gain. Ceci permet de réguler automatiquement les deux modes de fonctionnement 10 précités.

De la sorte, lorsque la tension régulée est faible, la sortie de l'amplificateur d'erreur est positive, la sortie du circuit de passage par 0 est positive étant donné que la sortie de l'amplificateur 15  $A_3$  est négative et actionne la logique de l'inversion de phase  $S_3$  et  $S_4$ . Cette action augmente le rapport cyclique de fonctionnement de fermeture de  $S_1$  et par conséquent permet à la self  $L_2$  de fournir au point milieu de tension  $V_X$  un courant proportionnel à la 20 tension de sortie de l'amplificateur de manière à produire sur le secondaire de  $T_2$  une tension qui s'ajoute à la tension d'entrée  $V_S$ .

Lorsque la tension régulée est élevée, la 25 sortie de l'amplificateur d'erreur est négative, le circuit de passage par 0 à sa sortie est également négative, mais la sortie de l'amplificateur  $A_3$  devient positive en raison de la contre-réaction à travers la diode  $D_{10}$ . La tension augmente le rapport cyclique de  $S_1$  et de la sorte la self  $L_2$  extrait du courant de  $V_X$  30 de manière à produire la tension du secondaire du transformateur  $T_2$  qui se soustrait à la tension d'alimentation  $V_S$ .

La sortie de l'amplificateur  $A_3$  présente une 35 diode  $D_{10}$  dont la cathode est connectée à l'entrée non inverseuse d'un amplificateur  $A_4$  dont l'entrée inverseuse reçoit un signal en dents de scie. La sortie

de  $A_3$  est ainsi comparée à ce signal de référence en dents de scie de manière à produire à sa sortie des signaux modulés en largeur d'impulsion, de manière à commander en alternance les interrupteurs  $S_1$  et  $S_2$  (inverseur 6).

La tension de sortie de l'amplificateur  $A_2$  est tout d'abord à sa valeur maximale positive étant donné que  $V_S$  a une faible valeur et demande un courant maximal de telle sorte que le convertisseur travaille en mode d'alimentation. Lorsque la valeur de  $V_S$  se rapproche de la valeur nominale, la sortie de  $A_2$  se rapproche de la valeur 0 et le cycle de fonctionnement diminue vers 0 et une énergie est fournie au point milieu de tension  $V_X$  du primaire du transformateur  $T_2$ .  
Le courant positif dans la self  $L_2$  tend à devenir égal à 0. La sortie de l'amplificateur d'erreur  $A_1$  change également de polarité et lorsque le courant atteint la valeur 0, la phase de  $S_3$  et  $S_4$  est inversée de telle sorte que la circulation du courant s'inverse. La tension  $V_X$  tend à augmenter mais est contrôlée par le fait que l'appel de courant négatif à la sortie de  $A_1$  augmente, ce qui à son tour modifie progressivement le fonctionnement de  $S_1$  et  $S_2$  en modulation de largeur d'impulsion pour augmenter le courant négatif dans la self  $L_2$  jusqu'à ce qu'un nouveau point de fonctionnement correspondant à la nouvelle valeur de  $V_S$  soit obtenu.

La figure 4 représente une variante simplifiée de la figure 3 dans laquelle l'inverseur fonctionne en push-pull et ne comporte que les interrupteurs  $S_6$  et  $S_8$  et leurs diodes  $D_6$  et  $D_8$ . Le fonctionnement en est par ailleurs, substantiellement identique au mode de réalisation de la figure 3.

Selon la figure 5, le secondaire du transformateur auxiliaire  $T_A$  (correspondant au transformateur  $T_2$  de la figure 1) de rapport de

transformateur  $N_A$  est en série avec un autre secondaire de rapport de transformateur  $N_M$  du transformateur principal  $T_M$ . Ils sont alimentés par un circuit de commande de commutation SVC (tension  $V_C$ ).

La figure 6 représente un inverseur à pont associé avec un convertisseur bi-directionnel correspondant au principe de la figure 5. La source de tension continue  $V_S$  est hachée par le circuit en pont comportant les interrupteurs  $S'1$ ,  $S'2$ ,  $S'3$  et  $S'4$  en parallèle desquels sont disposées les diodes en inverse  $D'1$ ,  $D'2$ ,  $D'3$  et  $D'4$ . Le circuit en pont génère une tension alternative en signaux carrés entre les points A et B dont les valeurs de crête sont égales à  $V_S$ . Cette tension alternative est appliquée à la connexion en série du primaire du transformateur principal  $T_M$  et du secondaire de  $T_A$ . La tension à travers le primaire de  $T_M$ , qui est égale à  $V_M$  est, par conception, bien plus grande que celle à travers le secondaire principal du transformateur auxiliaire  $T_A$ . Par exemple  $10V_M = V_A$ . La tension du secondaire du transformateur  $T_M$  ( $L_M$ ,  $V_M$ ) est choisie de manière à être approximativement égale à la moitié de la tension maximale de  $V_C$ . Etant donné que cette valeur maximale est égale à  $V_S$  lorsque l'interrupteur  $S'5$  est ouvert, alors le rapport de transformation  $N_M$  du transformateur  $T_M$  est égal approximativement à  $1/2$  et  $M_M V_M = 0,5 V_S$ .

La self  $L'_2$ , l'interrupteur  $S'5$ , et la diode  $D'_5$  forment un régulateur. En contrôlant le modulateur à largeur d'impulsion PWM, commandant l'interrupteur  $S'5$ , la tension  $V_C$  à travers le condensateur  $C'2$  peut être maintenue à une valeur donnée, ce qui fait que  $V_C$  peut varier entre une valeur égale à 0 lorsqu'un rapport cyclique est égal à 1 à une valeur  $V_S$  lorsque le rapport cyclique du régulateur VWM est égal à 0. En faisant varier la tension  $V_R$ , aux bornes de  $C'_2$ , la tension  $V_R$ , aux bornes du primaire de  $T_N$  et du

secondaire de  $T_A$  en série entre A et B peut également varier entre 0 et  $V_S$  en négligeant la chute de tension dans les diodes  $D''_1$  à  $D''_4$  qui forment un pont redresseur. De cette sorte, la tension à travers le primaire du transformateur  $T_A$  peut varier d'une valeur positive jusqu'à une valeur nulle, puis ensuite une valeur négative par rapport à la tension à travers le transformateur  $T_M$ . Par conséquent, la tension primaire du transformateur  $T_M$  peut être augmentée ou diminuée selon la valeur de  $V_C$  conformément à l'équation n°5 ci-dessus.

La figure 7 représente un mode de réalisation de la figure 6 avec un convertisseur en push-pull dans lequel seuls les interrupteurs  $S'1$ ,  $S'2$  sont conservés.

En considérant seulement les valeurs en courant alternatif, on a :

$$V_M = V_S + V_A \quad (1)$$

$$N_A = N_M V_M - V_C \quad (2)$$

$$N_A (V_M - V_S) = N_M V_M - V_C$$

soit

$$V_M = (N_A V_S - V_C) / (N_A - N_M)$$

d'où

$$V_M/V_S = (N_A - V_C/V_S) / (N_A - N_M) \quad (3)$$

$$Posons V_M = (1 + \Delta) V_S \quad (4)$$

l'équation (3) devient :

$$\Delta = N_M / (N_A - N_M) - (V_C/V_S) / N_A - N_M \quad (5)$$

$$\Delta_{MAX} = N_M / (N_A - N_M) \quad (6)$$

$$soit N_A = N_M (1 + \Delta_{MAX}) / \Delta_{MAX} \quad (7)$$

pour  $\Delta = 0$ , on a la condition :

$$V_C'/V_S = N_M \quad (8)$$

$V_C'$  désignant la tension de commande permettant d'obtenir la valeur nominale de  $V_M$ ,  $\Delta_{MIN}$

désigne la valeur de  $\Delta$  donnant à  $V_M$  sa valeur minimale, et en supposant  $\Delta_{MIN} = -\Delta_{MAX}$ , on déduit de l'équation (6) :

$$\begin{aligned} 5 \quad \Delta_{MIN} &= -N_M / (N_A - N_M) \\ -2N_M / (N_A - N_M) &= (V_C''/V_S) (N_A - N_M) \\ \text{soit } V_C'' &= 2N_M V_S \end{aligned} \quad (9)$$

10  $V_C''$  désignant la tension de commande permettant d'obtenir la valeur minimale de  $V_M$ . Le rapport de transformation dépend de la valeur choisie par  $V_C''$  et  $\Delta_{MAX}$ .

Si par exemple  $\Delta_{MAX} = 0,5$  et  $V_C'' = V_S$ , alors on déduit de l'équation (8) :

$$15 \quad N_M = 0,5$$

et de l'équation (6) :

$$N_A = 0,5 (1 + 0,05) / 0,05 = 10,5$$

20 Pour  $V_M$  variant de  $\pm 5\%$  autour d'une valeur nominale, le transformateur  $T_A$  transmet 5% de la puissance et le régulateur de tension  $V_C$  10% de celle-ci, d'où une efficacité élevée.

25 Le fonctionnement en est par ailleurs sensiblement identique au mode de réalisation de la figure 6.

## REVENDICATIONS

1. Convertisseur de tension destiné à être  
5 utilisé avec une source de tension non régulée,  
caractérisé en ce qu'il comporte un générateur de  
courant alternatif non réglé alimenté par ladite  
source de tension non régulée et alimentant en série le  
primaire d'un premier transformateur ( $T_1$ ) dont le  
10 secondaire alimente une charge et le secondaire d'un  
deuxième transformateur ( $T_2$ ) dont le primaire est  
connecté à un circuit de régulation lui-même alimenté  
par ladite source de tension non régulée, de telle  
sorte que le secondaire du deuxième transformateur ( $T_2$ )  
15 présente à ses bornes une tension de régulation qui est  
une fraction de la tension de la source de tension non  
régulée.

2. Convertisseur selon la revendication 1,  
20 caractérisé en ce que le circuit de régulation comporte  
un régulateur bi-directionnel et en ce que le  
générateur de courant alternatif non réglé comporte un  
pont inverseur présentant quatre commutateurs (55, 56,  
25 57, 58) aux bornes desquelles sont respectivement  
connectées quatre diodes ( $D_5, D_6, D_7, D_8$ ).

3. Convertisseur selon la revendication 2,  
caractérisé en ce qu'il comporte deux commutateurs (53,  
30 54) aux bornes desquelles sont respectivement  
connectées deux diodes ( $D_1, D_2$ ) et qui sont eux-mêmes  
connectés chacun à une borne du primaire du deuxième  
transformateur ( $T_2$ ) et fonctionnent en synchronisme  
avec lesdits quatre commutateurs du pont inverseur.

35 4. Convertisseur selon la revendication 3,  
caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de

mesure de la tension aux bornes de la charge et un détecteur de zéro permettant d'actionner l'un ou l'autre des deux commutateurs (53, 54) du primaire du deuxième transformateur ( $T_2$ ).

5

5. Convertisseur selon la revendication 3, caractérisé en ce que le régulateur bi-directionnel est un générateur de signaux en dents de scie.

10

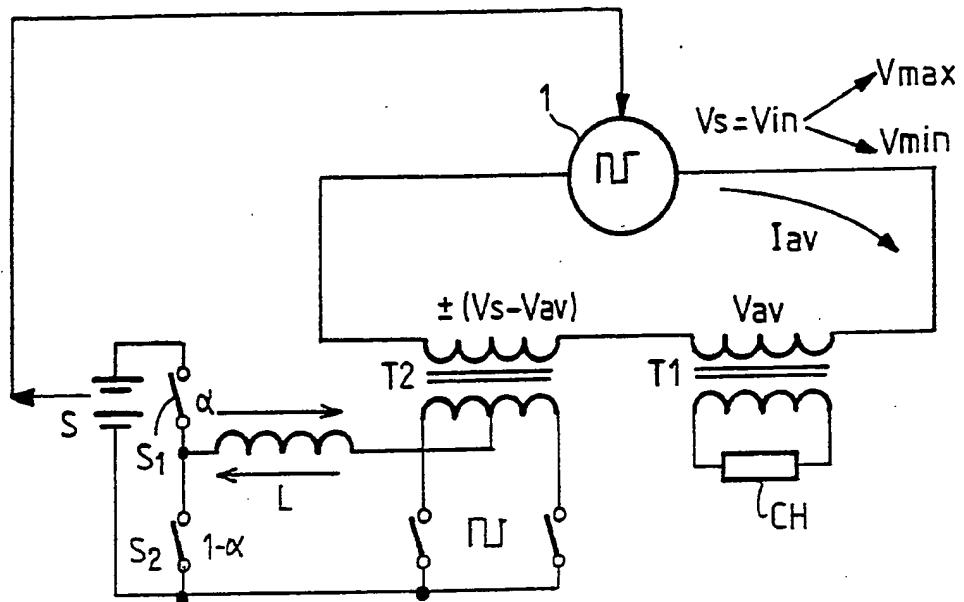
6. Convertisseur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le premier transformateur ( $T_1$ ) comporte un deuxième secondaire connecté en série avec le secondaire du deuxième transformateur ( $T_2$ ) à travers un régulateur de commutation agencé pour contrôler la tension à ses bornes à une valeur donnée  $V_C$ .

20

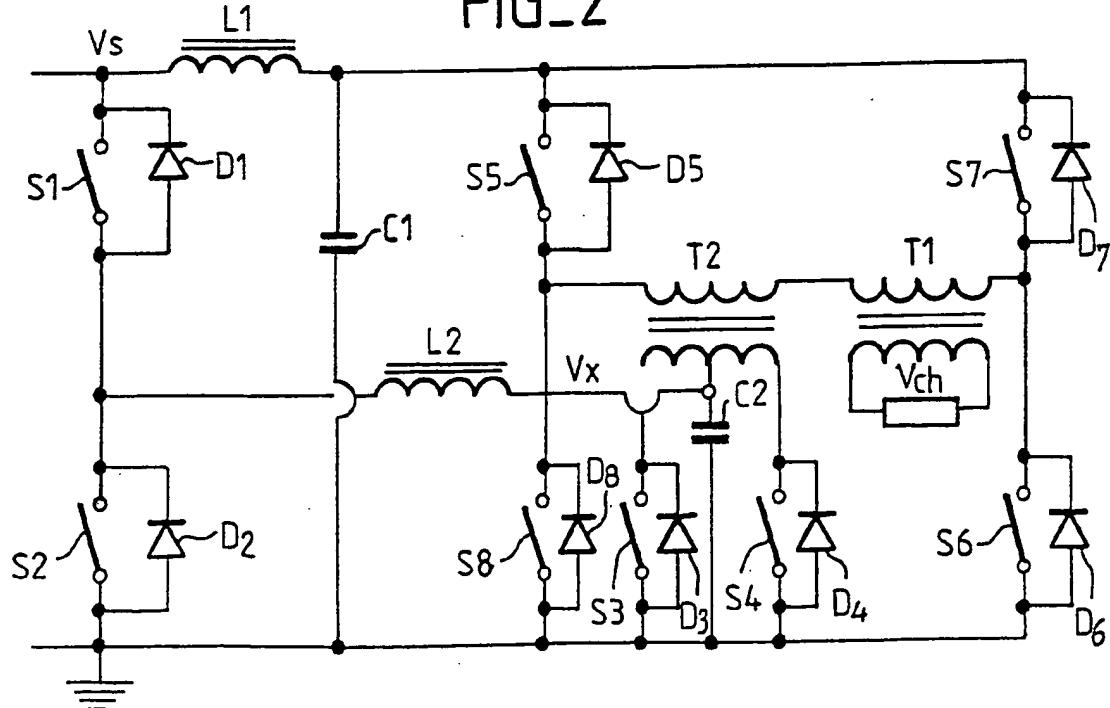
7. Convertisseur selon la revendication 6, caractérisé en ce que ladite valeur donnée est réglable entre une valeur 0 et une valeur maximale  $V_C$  de telle sorte que la tension aux bornes du secondaire du deuxième transformateur ( $T_2$ ) puisse varier continuellement entre une valeur positive et une valeur négative par rapport à la tension aux bornes du primaire du premier transformateur ( $T_1$ ).

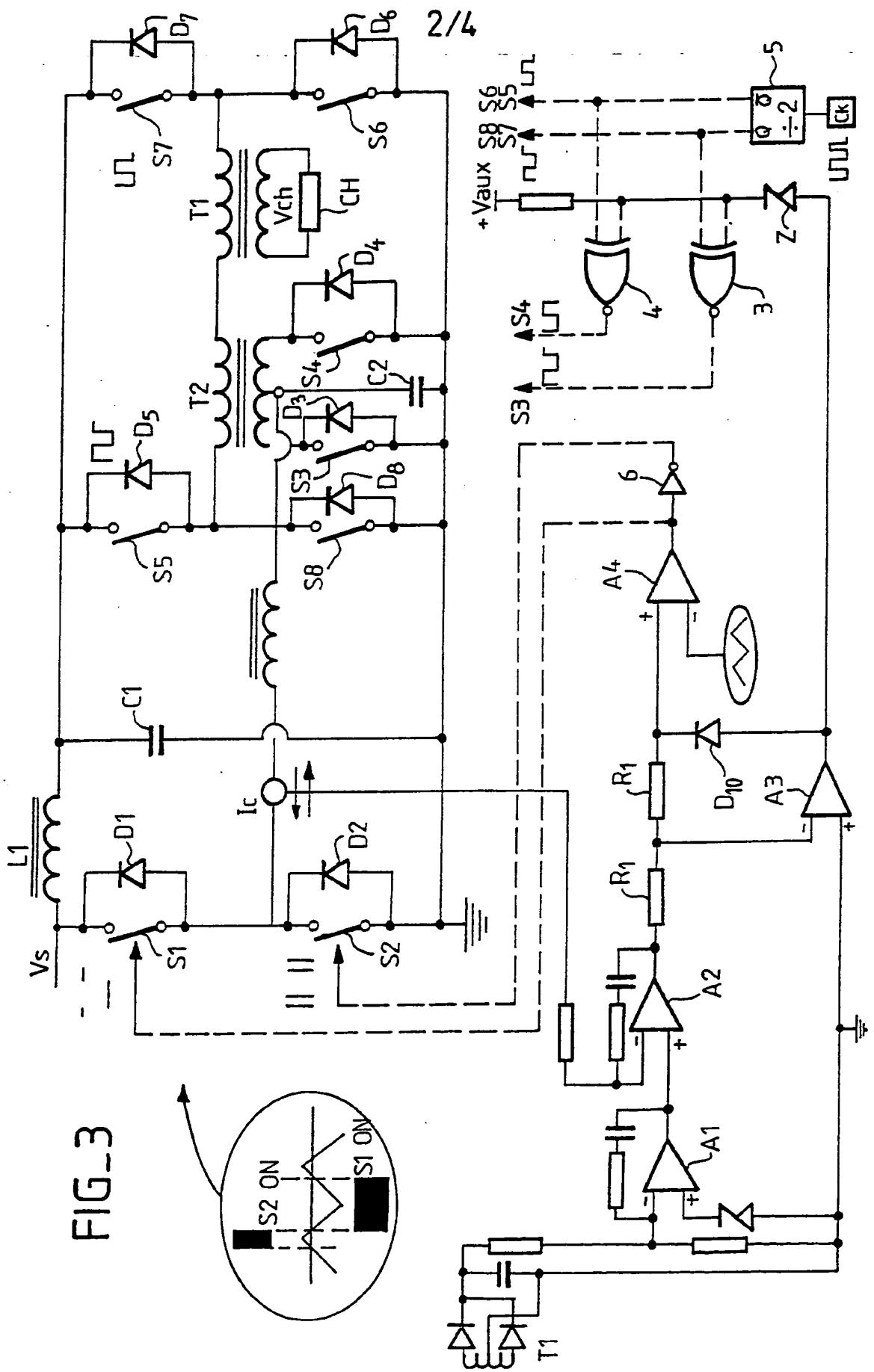
25

8. Convertisseur selon une des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce que le régulateur de commutation comporte un pont redresseur à diodes.

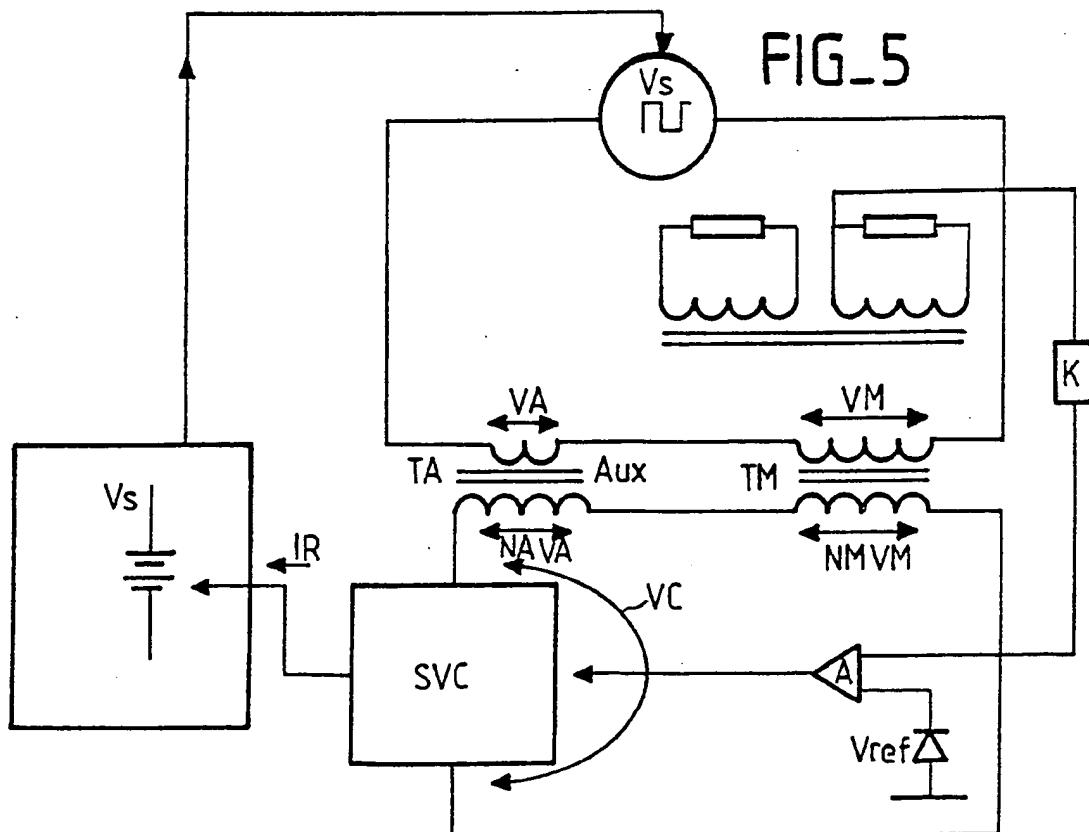
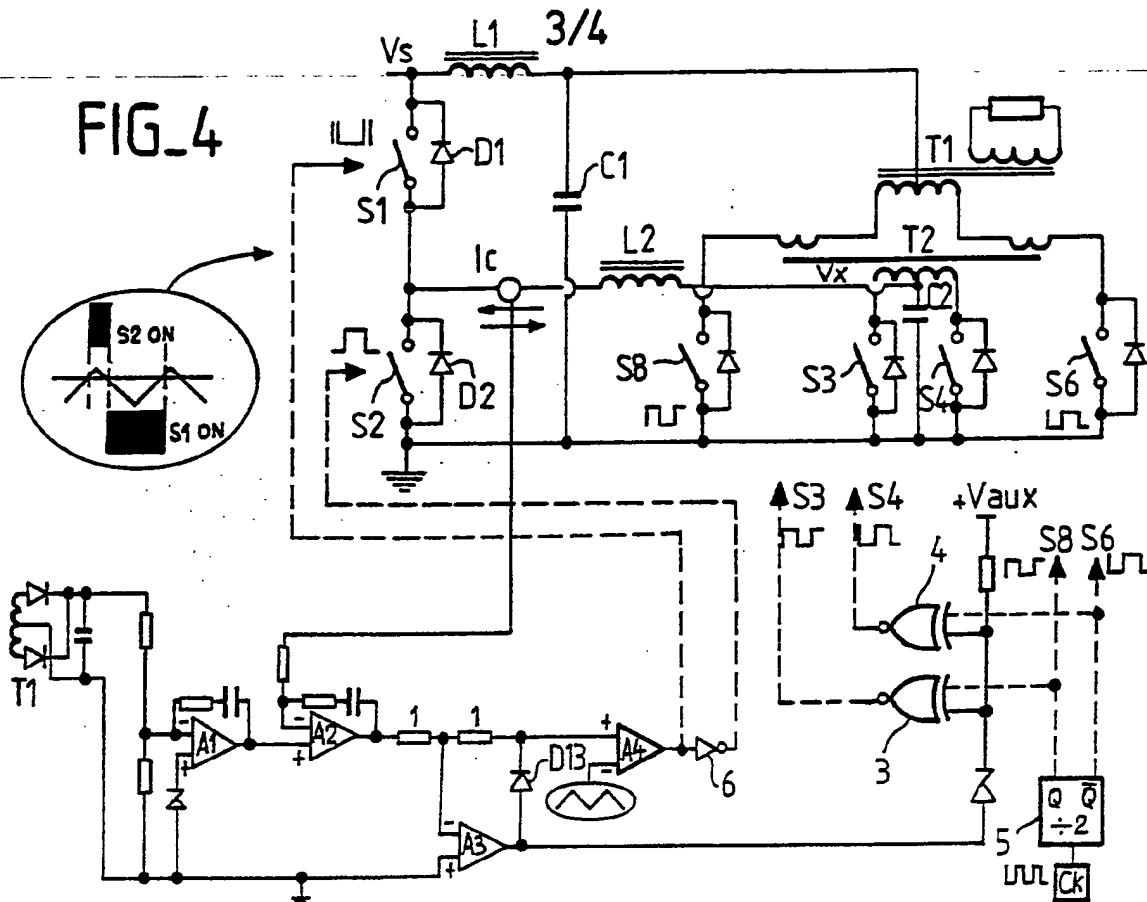
1/4  
FIG\_1

FIG\_2





FIG\_3



4/4

FIG-6

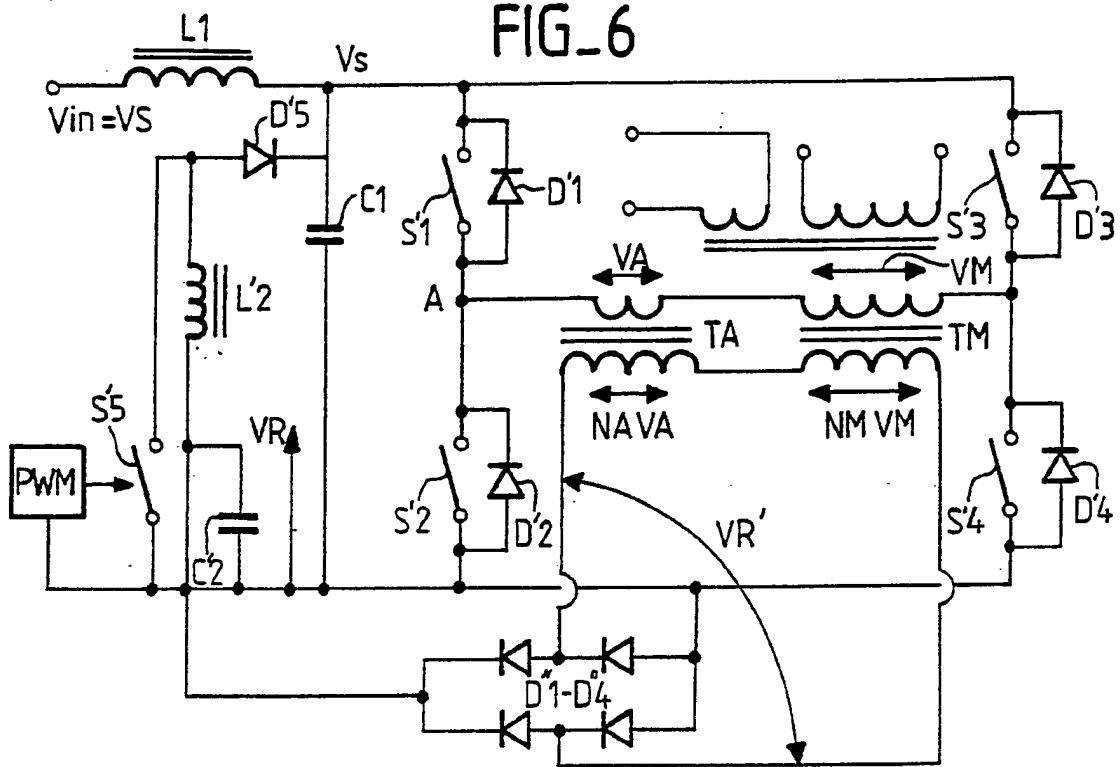


FIG-7

